Tenside im Wasser unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bienengefährlichkeit

Jörg Fischer

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546014_0012

Aus dem Zoologisch-Parasitologischen Institut der
Tierärztlichen Fakultät der
Universität München
Vorstand: Professor Dr.Dr.h.c.H.Liebmann

Tenside im Wasser unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bienengefährlichkeit

VMU München

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
J ö r g F i s c h e r
aus
Bocholt

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen

Fakultät der Universität München

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof.Dr.J.Boessneck

Referent: Prof.Dr.Dr.h.c.H.Liebmann

Korreferent: Prof.Dr.A.Schmid

Tag der Promotion: 14.Juli 1972

Meinen lieben Eltern

sowie Inge und Anja

gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	6
II.	Die Beeinflussung von Warmblütern, Fischen und Insekten durch Tenside und andere waschaktive Substanzen (anhand der Literatur)	7
III.	Eigene Untersuchungen	17
	A. Material und Methodik	17
	B. Ergebnisse	19
	a) Kontaktgiftwirkung	19
	b) Atemgiftwirkung	19
	c) Summationsgiftwirkung	19
	d) Fraßgiftwirkung	26
IV.	Besprechung der Ergebnisse	36
V.	Zusammenfassung (Summary)	39
VI.	Literaturverzeichnis	41
	Lebenslauf	

I. EINLEITUNG

Das stete Ansteigen des Verbrauches an Wasch- und Spülmitteln in Industrie und Haushalt ist eine ernstzunehmende Alarmierung für die Verantwortlichen des Umweltschutzes, da diese Chemikalien über die Abwässer in Flüsse und Seen gelangen und nicht nur Gefahren für die im Wasser lebenden Organismen befürchten lassen, sondern auch für alle Lebewesen, die auf die Aufnahme dieses Wassers angewiesen sind.
So erregte eine erhöhte Bienensterblichkeit während einer längeren Trockenperiode des Sommers 1968 im Bereich des Pflanzenschutzamtes Giessen Aufmerksamkeit, obwohl im Trachtgebiet der Völker nachweislich keine bienengefährdenden Maßnahmen durchgeführt worden waren. Man stellte lediglich fest, daß diese Völker einen Teich als Tränke benutzten, in den Abwässer eines Jugendheimes mit vorwiegend Wasch- und Spülmitteln eingeleitet wurden. Weitere Nachforschungen ergaben, daß ähnliche Fälle auch in den Jahren zuvor beobachtet worden waren.

Von Herrn Professor Dr.Dr.h.c.H.Liebmann wurde mir deshalb die Aufgabe übertragen, Untersuchungen über die Bienengefährlichkeit tensidhaltiger Mittel durchzuführen.

II. LITERATUR

1. Die Beeinflussung von Warmblütern, Fischen und Insekten durch Tenside und andere waschaktive Substanzen

Nach dem elektrochemischen Verhalten ihrer wässrigen Lösungen unterteilt man die synthetischen Waschrohstoffe (Tenside, Detergentien) in nichtionische, kationische, anionische und amphotere Typen. Strukturchemisch sind diese Stoffe dadurch charakterisiert, daß sie aus zwei synergistischen Hauptkomponenten, einer hydrophoben und einer hydrophilen, bestehen. Die hydrophile gewährleistet die Wasserlöslichkeit der Verbindung, die hydrophobe die Eigenart der Grenzflächenaktivität dieser wässrigen Lösungen. Letztere beruht darauf, daß die Tenside aufgrund des Molekülbaues in den Phasengrenzflächen verschiedener Systeme wirken können, indem sie dort eine orientierte Adsorption erfahren und dadurch die physikalischen Eigenschaften dieser Grenzflächen verändern (BÜRGER, 1967).
Am 1.Oktober 1964 trat das neue Detergentiengesetz in Kraft. Dieses Gesetz regelt die Verwendung von biologisch weichen Waschrohstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln. Die Wirksamkeit und der Erfolg dieses Gesetzes sind hauptsächlich an zwei Kriterien zu messen:
a) der biologischen Abbaufähigkeit dieser neuen Waschrohstoffe in den verschiedenen Typen von biologischen Kläranlagen und
b) den Konzentrationsverhältnissen der Detergentien in unseren Oberflächengewässern einschließlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die darin lebende Makro- und Mikrofauna, insbesondere die Fische (HUBER, 1967). Die Umstellung war nötig geworden, da vor Inkrafttreten des Detergentiengesetzes die Waschmittel meist auf der Grundlage

des Tetrapropylenbenzolsulfonats (TBS) hergestellt wurden. Charakteristisch für diese Verbindung ist ihre stark verzweigte Seitenkette. Diese sogenannten harten Detergentien beeinträchtigen wegen ihrer schlechten Angreifbarkeit den biologischen Abbau in Kläranlagen und Vorflutern in erheblichem Maße.

Die an den biologischen Reinigungsprozessen beteiligten Mikroorganismen vermochten die Detergentien während ihres Aufenthaltes in den Kläranlagen nicht mehr abzubauen. Durch das Gesetz (1.10.1964) erlaubte weiche Waschrohstoffe müssen mindestens zu 80 v.H. abbaubar sein, Grundlage dieser Waschrohstoffe ist das Alkylbenzolsulfonat (ABS). Seine Formel besteht aus einer unverzweigten Kohlenwasserstoffkette, an deren Ende sich ein Benzolring mit der ionogenen Gruppe befindet. Der geradkettige Teil des Moleküls ist für Bakterien leicht angreifbar (BUCKSTEEG, 1967). Das wirtschaftlich wichtigste weiche Tensid, das in nahezu allen Wasch- und Spülmitteln in relativ hoher Konzentration enthalten ist, ist das anionische Dodecylbenzolsulfonat (DBS).

Zu der eingangs angesprochenen Problematik über die Bienengefährlichkeit der Tenside finden sich bislang im Schrifttum keine wesentlichen Hinweise. Lediglich REHM (1968) beschrieb eine Fraßgiftwirkung von 'Pril' auf Bienen. Außerdem stellte er schwere Schädigungen bei direktem Besprühen der Bienen durch Belegen der Tracheenwände und Verstopfung der Tracheolen fest. Dagegen gibt es eine Fülle von Untersuchungen, die sich mit der Wirkung waschaktiver Substanzen auf

Warm- und Kaltblüterorganismen auseinandersetzen. An einigen Beispielen soll deshalb auf die prinzipielle Bedeutung der Tenside eingegangen werden.

Für den Menschen sowie andere Warmblüter ist bis heute keine Toxizität waschaktiver Substanzen beobachtet worden. FOGELSON und SHOCH (1944) nahmen im Selbstversuch 8 Wochen lang täglich 1 g Alkylarylsulfonat oral auf. In gleicher Applikationsform gaben FREEMAN und Mitarbeiter (1945) 6 Versuchspersonen 100 mg Alkylarylsulfonat pro Tag; die Aufnahme dieses Tensids wurde von allen ohne nachweisliche Schädigung überstanden. Versuche von BORNMANN und LOESER (1962) an Ratten, welche über Futter oder Trinkwasser Tenside verabreicht bekamen, bestätigen weiterhin die Ungefährlichkeit dieser Mittel gegenüber dem Warmblüterorganismus bei oraler Aufnahme. Den Tieren wurde 2 Jahre lang mit 100 mg/l DBS angereichertes Trinkwasser ohne irgendwelche nachteiligen Folgen bezüglich der Fertilität, des physiologischen oder histologischen Befundes angeboten. MENKE (1955) konnte an Schweinen beobachten, daß 99,5% des verfütterten radioaktiv markierten Alkylbenzolsulfonates innerhalb von 8 Stunden ausgeschieden waren und die Versuchstiere keine Intoxikationen zeigten. HAVERMANN und RÜTER (1954) fütterten 3 x 6 Schweine 206 Tage lang mit verschieden stark konzentrierten Gemischen von Alkylbenzolsulfonat und primärem Alkylsulfat; außer einem besseren Masteffekt der Versuchstiere gegenüber den Kontrollen konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Die Begutachtung des Fleisches ergab zusätzlich keine Geschmacks- oder Qualitätsabweichung. Eine Speicherung grenzflächenaktiver Substanzen in Organen anderer Versuchstiere war von HAVERMANN und MENKE (1957) nicht nachweisbar. BORNEFF (1963) fütterte 400 Mäuse über einen Zeitraum von

500 Tagen mit 3,4-Benzpyren, Tensiden (Pril flüssig) und Mineralöl (ESSO-Universalöl) in verschiedener Zusammenstellung aber annähernd gleicher Dosierung. Vormagenkarzinome entstanden dabei nur bei den Tieren, welche Benzpyren im Trinkwasser mit Tensid solubilisiert erhielten; dieselbe Substanz über das Futter verabreicht, erzeugte nur Hyperkeratosen und Papillome. Der Verfasser schloß aber eine Beeinflussung kanzerogener Stoffe, die eventuell in Lebensmitteln enthalten sind, durch Reste von Spülmitteln aus.

Wie bereits erwähnt, findet man auch über Schäden durch Tenside an Fischen und Fischnährtieren recht viele Schrifttumsangaben. Da jedoch häufig keine Reinsubstanzen für die Untersuchungen verwendet worden sind, sondern die Waschmittel selbst oder 'unreine' waschaktive Substanzen, zeigen Schädlichkeits- bzw. Letalitätsgrenzen ziemliche Schwankungsbreiten. GRUNDNER (1954) untersuchte die Einwirkung quarternärer Ammoniumverbindungen auf Fische und Fischnährtiere, wobei er eine Abhängigkeit der Widerstandsfähigkeit von Größe und Alter der Tiere feststellte. SIERP und THIELE (1954) ermittelten, daß Lösungen von 10 mg/l Alkylsulfat und Alkylarylsulfat für Goldkarauschen tödlich sind. Versuche von MANN (1955) an Barschen, Kaulbarschen, Güstern und Karpfen zeigten, daß 5 bis 25 mg/l der untersuchten Detergentien irreversible Schäden an den Fischen hervorriefen. In anderen Experimenten wirkten kationaktive Desinfektionsmittel in Konzentrationen von 10 bis 50 mg/l auf Fische ebenfalls tödlich (MANN, 1957). Diese Ergebnisse wurden zwar überwiegend bei einer relativ kurzen Einwirkungszeit (etwa 7 Tage) gewonnen, aber selbst geringere Konzentrationen können bei längerer Einwirkungsdauer ebenso gefährlich werden. HERBERT et al. (1957) stellten fest, daß Forellen bereits bei 3 mg/l während einer dreimonatigen Dauereinwirkung starben.

Wie auch bei vielen anderen Abwassergiften wird die Schadwirkung der Detergentien durch Sauerstoffmangel des Wassers erhöht; keine Rolle dagegen spielt der Kalkgehalt des Wassers (HENDERSON und Mitarbeiter, 1959). Erhebliche Schädigungen durch Detergentien erfahren auch Fischnährtiere. So starben Daphnien schon nach wenigen Stunden in einer Lösung von 5 mg/l waschaktiver Substanz, andere Fischnährtiere wie Tubificiden und Gammariden erwiesen sich als widerstandsfähiger und wurden erst durch Konzentrationen von 10 mg/l abgetötet (MANN, 1955,1957). Anionaktive Detergentien-Mengen von 10 mg/l sollen nach SIERP und THIELE (1954) Algen in ihrem Wachstum erheblich beeinträchtigen. Wie KLUST und MANN (1958) am Beispiel des Zelluloseabbaues im Wasser gezeigt haben, leidet der gesamte Stoffhaushalt der Gewässer unter dem Einfluß der Detergentien. Nach KNÖPP (1961) liegt für den bakteriellen Abbau die kritische Grenzkonzentration bei 5 bis 10 mg/l anionaktiver Substanz. DBS führt in Abhängigkeit von Konzentration und Einwirkungsdauer zu einer irreversiblen Schädigung der Kiemen der Forellen (SCHMID und MANN, 1962). Die Schädigung beginnt bei einer Konzentration von etwa 3 bis 5 mg/l und führt bei 20 mg/l in 20 bis 60 Minuten zum Tode. Das Epithel der Kiemenblätter ist dann völlig zerstört und geht mit Verklebungen der respiratorischen Falten einher. REIMANN (1962) beschreibt sehr ausführlich das Verhalten von Fischen in detergentienhaltigem Wasser. Bei einer Verdünnung von 1 : 10000 beginnt der Fisch zunächst mehr oder weniger stark zu schleimen. Die Schleimabsonderung kann bis zur Trübung des Aquarienwassers fortschreiten, in dem dann hautartige Fetzen herumschwimmen. In diesen sind zahlreiche abgestoßene Epithelzellen enthalten. Durch einen verstärkten Blutzufluß in die Kiemen, wobei deren Gefäße bis zum Platzen mit Erythrozyten vollgestopft sein können, wird der Fisch zunehmend blasser.

Blutungen und Blutergüsse sind auch in Leber und Milz beobachtet worden. Beginnende Atemnot manifestiert sich durch Abspreizen der Kiemendeckel, Aufreißen des Maules und Springen aus dem Wasser; es treten Gleichgewichtsstörungen auf und der Fisch erstickt langsam. Die Detergentien überwinden hierbei die Lipoidsperre aufgrund ihrer physikalischen Grenzflächenaktivität und dringen bevorzugt in die Kiemengefäße ein, wo sie den enzymatischen Atmungsablauf hemmen.
REIMANN fand die Letalitätsgrenze von waschaktiven Substanzen bei etwa 5 bis 10 mg/l. Gleiche Werte sollen auch für niedere Wasserorganismen gelten (Kleinkrebse, Würmer). HAMM (1965) berichtete von Versuchen mit Forellen, die er nichtionischen Detergentien aussetzte. Er stellte dabei fest, daß zunächst einige Versuchstiere sehr lange völlig gesund erschienen, dann aber nach den ersten sichtbaren Vergiftungserscheinungen sehr rasch starben; die Schleimabsonderung glich jener bei anionischen Tensiden. Andere nichtionische Substanzen haben eine geringe Manifestationszeit. Die Fische leben noch lange auf der Seite oder am Boden liegend, um schließlich ganz langsam zu sterben. DENZER (1962) untersuchte den Unterschied von einigen der anionischen Gruppe angehörenden Tensiden zwischen ihrer Störungsschwelle und ihrer kritischen Konzentration (= Tod der Tiere innerhalb von 2 Stunden) auf Forellensetzlinge, wobei zum Erreichen letzterer der quantitative Anteil der Tenside um 40 bis 100% erhöht werden mußte. MANN (1962) berichtete über Versuche mit verschiedenen anionischen Tensiden und gab für sie Letalitätsgrenzen zwischen 1 und 15 mg/l an; untersucht wurden unter anderem TBS, DBS und Korenyl. Weiterhin ließ sich eine Beschleunigung des Vergiftungsablaufes durch Temperaturerhöhung und Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes des Wassers feststellen. Demgegenüber beobachtete

MANN aber auch eine gewisse Erhöhung der Resistenz durch langsame Adaptation der Fische an schwache Detergentiengehalte. HIRSCH (1963) hat am Beispiel geradkettiger Alkylbenzolsulfonate auf Zusammenhänge zwischen Molekülstruktur, Abbaubarkeit und Wirkung auf Fische hingewiesen. Er fand, daß die LD_{50}-Werte der C_8- und C_9-Alkylbenzolsulfonate hohe Werte zeigen und zwar im Bereich von 100 mg/l, während C_{10} und C_{11} um 10 mg/l liegen; bei C_{12} liegt die LD_{50} um 3 mg/l, bei C_{13} bis C_{16} zwischen 0,25 und 0,7 mg/l. Für den in biologischen Abbauversuchen als optimal erwiesenen Bereich von C_{10}- bis C_{13}- Alkylbenzolsulfonat-Gemischen lagen die mittleren LD_{50}-Werte zwischen 4 und 6 mg/l. Derselbe Autor kommt zu dem Ergebnis, daß die heute verwendeten, leicht abbaubaren Substanzen eine optimale Lösung des Problems darstellen. LÜDEMANN und KAYSER (1963) untersuchten das zu den harten Detergentien zählende TBS sowie weiche oberflächenaktive Substanzen auf ihre Giftigkeit gegenüber Karpfen, Hechten und Guppies. Während sich TBS mit Grenzwerten zwischen 15 und 18 mg/l als relativ wenig toxisch erwies, wirkten einzelne der weichen Tenside schon bei Konzentrationen von 4 mg/l (BW 1043), 5 mg/l (DBS), 5,53 mg/l (BW 2043), 6 mg/l (Dobane-IN-Sulfonat) und 7 mg/l (Korenyl) für Karpfen tödlich; die Hechte und Guppies reagierten noch empfindlicher. DEUFEL (1965) beschrieb Einbußen in Forellenzuchtanstalten durch subletale Mengen waschaktiver Substanzen. Er berichtete von Fischverlusten bei Detergentienkonzentrationen unter 2 mg/l, die zusätzlich noch Wegbereiter für Hautparasitosen waren. WURTZ-ARLET (1959) arbeitete mit Forellenbrut und erkannte, daß sekundäres Natriumalkylsulfat das primäre etwas an Giftigkeit übertraf. Nach diesen Untersuchungen waren schon Lösungen von 5 mg/l für Forellenbrut tödlich. Bei einer ständigen Detergentieneinwirkung

auf Forellenbrut von 2 mg/l traten bereits sichtbare Verluste auf. Bei Tensidkonzentrationen (Korenyl, DBS) ab 10 mg/l ermittelten MANN und SCHMID (1961) eine Beeinflussung von Forellenspermatozoen in ihrer Bewegungsintensität. Die Verluste bei der Erbrütung erhöhen sich auf 30%, wenn die Befruchtung in derartigen Konzentrationen vorgenommen wird; selbst Mengen von 5 mg/l wirkten sich noch nachteilig aus. MANN (1967) äußerte sich ebenfalls über die Wirkung subletaler Mengen von Detergentien auf Fische und Fischbrut. Bei 5 mg/l DBS zeigte sich eine deutliche Hemmung der Spermabewegung, die eine spürbare Erhöhung der Verluste bei der späteren Erbrütung in reinem Wasser zur Folge hatte. Während bei einer Besamung in detergentienfreiem Wasser die Verluste während der Bebrütung 5% nicht überschritten, betrugen sie bei einem Zusatz von 5 mg/l DBS schon 25,8%; durch 10 mg/l stiegen sie auf 32,9%. In einer Lösung von 5 mg/l DBS waren nach 3 Wochen 50%, nach 5 Wochen alle Eier abgestorben. Die Ursache dieser Schädigung ist wahrscheinlich in der Erniedrigung der Oberflächenspannung durch Detergentien zu suchen, wodurch die Zellmembran der Eizellen und Spermatozoen angegriffen wird. Weiterhin stellte MANN eine Wachstumshemmung an Jungfischen fest, die in Wasser mit Zusatz subletaler Mengen von Tensiden gehalten wurden. Schließlich begünstigten subletale Dosen den Befall der Fische mit Hautparasiten, Krankheitskeimen sowie Infektionskrankheiten. BOCK (1966) ermittelte, daß die Erniedrigung der Oberflächenspannung durch Detergentien als die Ursache für die Schädigung des respiratorischen Epithels auf den Kiemen der Fische anzusehen ist. In Experimenten an Goldorfen konnte nachgewiesen werden, daß Verquellungen, Rötungen und Zerstörungen des Kiemenepithels bei Oberflächenspannungen von 50 dyn/cm und darunter auftraten, die bei längerem Einwirken zum Tode

des Fisches führen können. Ein Jahr später prüfte BOCK (1967) die Wirkung grenzflächenaktiver Substanzen auf den Verdauungstrakt der Fische, ohne die Kiemen damit in direkten Kontakt zu bringen. Dabei wurde Trockenfutter mit den Tensiden angereichert bzw. in einer zweiten Versuchsreihe mit einer Schlundsonde appliziert. Die Fische nahmen so Konzentrationen bis 800 mg/l eines geradkettigen Alkylbenzolsulfonates reaktionslos auf. Die Erklärung für die Ungiftigkeit der Detergentien liegt nach BOCK darin, daß der Verdauungstrakt selbst anionaktive grenzflächenaktive Stoffe in Form der Gallenverbindungen absondert, die zur Fettverdauung erforderlich sind. Neben Ergebnissen aus histologischen Untersuchungen des Kiemenepithels bei unterschiedlichen Tensidkonzentrationen des Wassers beschrieb der Autor das Verhalten der Fische bei verschiedenen Werten der Grenzflächenspannungserniedrigung (dyn/cm). Er fand heraus, daß alle untersuchten Produkte die Grenzflächenspannung von 72 dyn/cm (Trinkwasser) auf mindestens 50 dyn/cm heruntersetzen müssen, ehe sie schädigend auf Fische einwirken können. Nach diesen Befunden könnte die Verquellung und Zerstörung des respiratorischen Epithels als eine physikalische Reaktion auf die Grenzflächenspannungserniedrigung angesehen werden. Es fehlen den Kiemen offenbar Regulationsmechanismen, die im Darm vorhanden sind. HAMM (1967) untersuchte die Letalitätsgrenzen vieler nichtionogener Waschrohstoffe an einjährigen Forellen und Karpfen. Die Letalitätsgrenzen lagen in einem Bereich von 0,8 bis 400 mg/l Wirkstoff, wobei Karpfen wesentlich weniger empfindlich waren als Forellen. Aufgrund der Messungen von Manifestationszeiten der Fischschädigung und des Fischverhaltens schließt der Verfasser auf Wirkungsmechanismen über die Grenzflächenaktivität (wie bei anionaktiven Tensiden);

zusätzlich treten bei niedrigoxäthylierten und kurzkettigen Verbindungen narkotisierende bzw. ZNS-lähmende Wirkungen auf. BOCK und MANN (1969) untersuchten die Bedeutung des Salzgehaltes für die Wirkung von Tensiden und stellten eine Erhöhung der Schadwirkung mit steigendem Salzgehalt fest, deren Ursache in einer Verminderung der Oberflächenspannung zu suchen ist. Die tödliche Wirkung beginnt bei einer Oberflächenspannung unter 40 dyn/cm, was einem Gehalt von etwa 10 mg/l Tetrapropylenbenzolsulfonat bei einem Salzgehalt von 32,5% entspricht.

Neben der hier aufgezeigten Toxizität der Tenside für Fische und ihre Nährtiere wurde aus Hessen nun auch eine Gefährdung von Bienen durch waschaktive Substanzen bekannt. Fehlendes Schrifttum gab berechtigte Veranlassung dazu, hier eine Lücke auszufüllen und kritische Untersuchungen zu ihrer Bienengefährlichkeit durchzuführen.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. Material und Methodik

In Laborversuchen über die Bienengefährlichkeit oberflächenaktiver Substanzen wurden folgende Mittel geprüft:

1. Dodecylbenzolsulfonat (DBS)
2. Dash (Fa.Procter & Gamble)
3. Persil (Fa.Henkel)
4. Pril rosé (Fa.Henkel)
5. Omo (Fa.Sunlicht)
6. Lux mit Dermasoft (Fa.Sunlicht)

Die Wasch- und Spülmittel kamen als 1%ige Lösungen, das Tensid DBS (Reinsubstanz) außerdem noch in 0,1- und 0,01%igen Konzentrationen zur Anwendung.

Die Versuche wurden in den Jahren 1969 und 1970 und zwar jeweils in der Zeit von Anfang Mai bis Ende August in je 4 Versuchsreihen durchgeführt. Hierzu standen 1969 gesunde Bienen der K-Rasse (Apis mellifica carnica) aus den institutseigenen Bienenständen im Schleißheimer Moor zur Verfügung. Zu den Experimenten ein Jahr später fanden dagegen Mischvölker verschiedener in Deutschland heimischer Bienenrassen Verwendung. Die Tiere wurden vorsichtig dem 'Rummelplatz' (Zone der Verständigung der Bienen im Stockinneren) entnommen, der neben Stockbienen eine große Anzahl von Flugbienen enthält.

Die Laborversuche wurden in Anlehnung an STUTE (1969) durchgeführt. Die Bienen befanden sich dabei in geeichten Kästchen (10 x 5,5 x 8,5 cm), deren Wände aus Eichenholz bestanden. Die durch eine Glasscheibe verschlossene Vorderseite erlaubte eine Beobachtung der Bienen während der gesamten Versuchszeiträume. Eine in der Decke des Kästchens befindliche Durchbohrung wurde zum Einbringen der Bienen benutzt, eine weitere diente der Aufnahme

eines gebogenen Glasröhrchens, durch das die Bienen gefüttert werden konnten. Der Boden war durch feine Drahtgaze verschlossen, welche eine ausreichende Belüftung sicherte. Die Zahl der Bienen pro Kästchen mußte auf 10 Stück beschränkt sein, um jedes Tier ausreichend beobachten zu können. Als Nahrung diente 50%ige Zucker- oder Honiglösung. Die Bienen wurden während der Versuche bei einer Temperatur von 20 bis 25°C im Thermostat gehalten, einige mit Wasser gefüllte Petrischalen sorgten für den nötigen Luftfeuchtigkeitsausgleich. Die normale Beobachtungsdauer mußte in Abweichung von STUTE (24 bis maximal 72 h) nach Erfahrungen aus Vorversuchen auf 7 bzw. 9 Tage ausgedehnt werden.

Zur Bestimmung der Giftwirkung der Versuchslösungen auf Bienen kamen verschiedene Methoden zur Anwendung. Bei der Kontaktgiftwirkung wurde das jeweilige Kästchen mit einem Spezialpapier (Nr.68, Fa.Macherey, Nagel & Co., Düren)ausgekleidet, welches vorher mit der Versuchslösung durchtränkt und anschließend 2 Stunden an der Luft getrocknet worden war. Das Papier blieb während der gesamten Versuchszeit im Kästchen (Dauerkontaktwirkung). (Bei Substanzen mit erhöhter Giftigkeit wird das präparierte Papier bereits nach wenigen Minuten wieder entfernt = Kurzzeitkontaktwirkung.) - Zur Bestimmung der Atemgiftwirkung wurde das mit der zu testenden Versuchslösung durchtränkte Fließpapier in eine Petrischale gelegt und das Kästchen mit den Versuchsbienen daraufgestellt. So war gewährleistet, daß die Dämpfe durch den Drahtboden die Versuchstiere erreichen konnten. - Durch direktes Besprühen der Bienen mit der Versuchslösung kamen die Tiere mit ihr in direkten Kontakt und nahmen sie zusätzlich oral während des Putzens auf. Da bei dieser Prüfung das Versuchstier einer doppelten Belastung

ausgesetzt ist, wird hier von einer sogenannten Summationsgiftwirkung gesprochen. - Die Untersuchungen über die Fraßgiftwirkung wurden als ad libitum-Fütterung durchgeführt, d.h. den Bienen standen während des gesamten Versuchszeitraumes über die Glasröhrchen stets ausreichende Mengen der Versuchslösung zur Verfügung. Die Spülmittel und die verschiedenen DBS-Konzentrationen mußten zur Bestimmung der Fraßgiftwirkung wegen ihrer zum Teil sehr intensiven Geruchs- und Geschmacksabweichungen in Honiglösungen angeboten werden, die dann von den Versuchsbienen bereitwillig aufgenommen wurden. - In den Experimenten zur Frage der Giftigkeit grenzflächenaktiver Substanzen auf Bienen wurden grundsätzlich nur abgestorbene Tiere ausgewertet.

B. Ergebnisse

a) Kontaktgiftwirkung

Sämtliche Untersuchungen über die Dauerkontaktwirkung zeigten keine negative Beeinflussung der Versuchstiere. Die Bienen, einschließlich der Kontrollen, überlebten die Experimente ausnahmslos; dadurch erübrigte sich eine weitere Prüfung der Kurzzeitkontaktwirkung.

b) Atemgiftwirkung

Gleiche Resultate erbrachten die Untersuchungen zur Frage einer evtl. Atemgiftwirkung, Versuchs- wie Kontrolltiere ließen keinerlei Schädigungen erkennen.

c) Summationsgiftwirkung

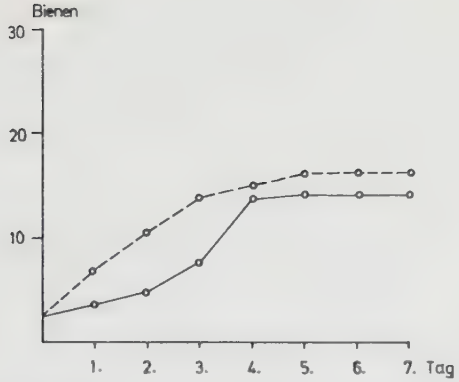
Bei Ermittlung der Summationsgiftwirkung durch direktes Besprühen mit Lösungen der Waschmittel Dash, Persil und Omo wurden in den 8 Versuchsreihen der Jahre 1969 und 1970 insgesamt nur 3 tote Bienen gezählt. Dies entsprach etwa 1% der Versuchstiere, weshalb auf weitere Ausführungen bzw. Darstellungen verzichtet werden kann.

Die Untersuchung des Spülmittels Pril rosé zeigte in den verschiedenen Versuchsreihen eine unmittelbar nach Versuchsbeginn bis zu 16% liegende Abtötungsrate, die sich im Laufe des Versuches noch auf 33% und maximal sogar bis 62% steigerte (Tab.1). - Die Kontrollbienen überlebten übrigens diese wie auch alle anderen Versuche ausnahmslos und wurden daher in keinem der nachfolgend genannten Versuchsergebnisse berücksichtigt.

		Anzahl der toten Bienen								
Versuch		V	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.Tag	insges.
1969	1.	4	0	0	0	10	1	0	0	15
	2.	0	2	4	0	5	0	0	0	11
	3.	3	0	0	6	7	1	0	0	17
	4.	3	3	1	4	3	0	0	0	14
1970	1.	5	4	2	6	2	0	0	0	19
	2.	2	2	5	1	0	0	0	0	10
	3.	2	2	2	2	3	5	0	0	16
	4.	1	6	5	4	0	0	0	0	16

Tab. 1 : Summationsgiftwirkung von Pril rosé (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 7 Tagen (V = Versuchsbeginn)

Die Absterberate aus den 8 Versuchsreihen der Jahre 1969 und 1970 betrug bei Versuchsbeginn durchschnittlich 2,5 Exemplare, was etwa 8% entspricht. Am Schluß des Experimentes hatte sich die Anzahl toter Bienen auf 15 erhöht; dies entspricht einem Durchschnittswert von 50%. Eines besseren Überblickes wegen wurden von den je 4 Versuchen eines Jahres die Letalitäts-Mittelwerte errechnet und in ein Koordinatensystem eingetragen (graph.Darst.1).

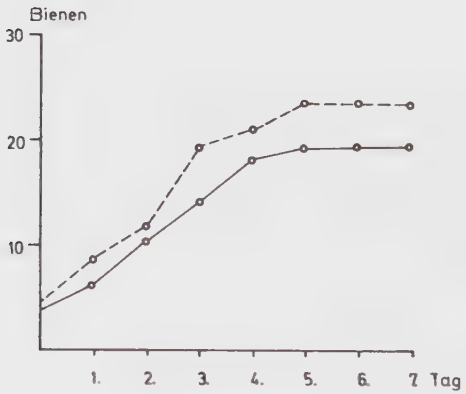


Graph.Darst. 1 :
Summationsgiftwirkung von Fril rosé (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----; V = Versuchsbeginn)

Die Untersuchung des Spülmittels Lux mit Dermasoft erbrachte in den Versuchsreihen beider Jahre eine höhere Sterblichkeit als in den vorgenannten Experimenten. Unmittelbar nach Versuchsbeginn waren hier bereits durchschnittlich 4 Tiere (13%) tot, 7 Tage später hatte sich die Quote auf 70% (21 Bienen) erhöht (Tab.2; graph.Darst.2).

Versuch		Anzahl der toten Bienen								
		V	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.Tag	insges.
1969	1.	5	1	0	2	12	3	0	0	23
	2.	4	5	2	7	1	0	0	0	19
	3.	2	4	11	3	0	0	0	0	20
	4.	4	0	4	3	3	2	0	0	16
1970	1.	7	2	5	7	2	0	0	0	23
	2.	5	6	5	10	0	0	0	0	26
	3.	2	7	1	3	3	9	0	0	25
	4.	4	2	1	10	2	1	0	0	20

Tab. 2 : Summationsgiftwirkung von Lux mit Dermasoft (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 7 Tagen (V = Versuchsbeginn)



Graph.Darst. 2 :

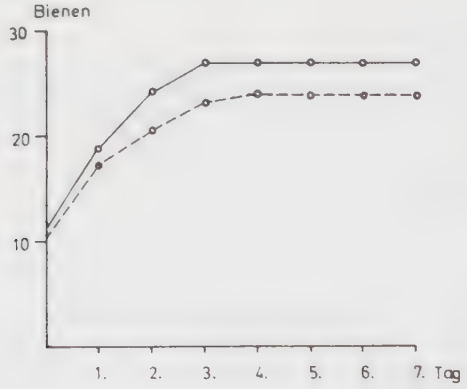
Summationsgiftwirkung von Lux mit Dermasoft (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----; V = Versuchsbeginn)

Die Versuche mit den verschiedenen DBS-Konzentrationen ergaben sehr unterschiedliche Sterblichkeitsziffern. Während in allen Versuchsreihen mit der 1%igen Konzentration unmittelbar nach Versuchsbeginn über 90% der Bienen verendeten und der Rest keinen weiteren Tag überstand, überlebten bei der 0,01%igen Lösung alle Bienen den Versuchsbeginn (Tab.3).

Versuch		Konz. (%)	Anzahl der toten Bienen V	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.Tag	insges.
1969	1.	1	28	2							30
	2.		27	3							30
	3.		30								30
	4.		29	1							30
	1.	0,1	9	7	2	8	0	0	0	0	26
	2.		12	8	7	0	0	0	0	0	27
	3.		14	8	6	0	0	0	0	0	28
	4.		10	10	6	1	0	0	0	0	27
	1.	0,01	0	14	0	0	0	0	0	0	14
	2.		0	9	4	4	0	0	0	0	17
	3.		0	8	3	1	0	0	0	0	12
	4.		0	7	1	2	0	0	0	0	10
1970	1.	1	29	1							30
	2.		30								30
	3.		26	4							30
	4.		28	2							30
	1.	0,1	14	5	3	1	0	0	0	0	23
	2.		10	6	7	2	0	0	0	0	25
	3.		8	8	1	3	1	0	0	0	21
	4.		11	8	2	5	0	0	0	0	26
	1.	0,01	0	7	1	0	0	0	0	0	8
	2.		0	11	6	1	0	0	0	0	18
	3.		0	6	3	1	0	0	0	0	10
	4.		0	9	3	4	0	0	0	0	16

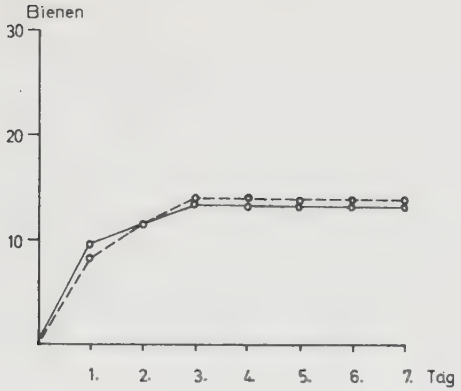
Tab. 3 : Summationsgiftwirkung von DBS auf je 30 Bienen innerhalb von 7 Tagen
(Konz. = Konzentration; V = Versuchsbeginn)

Bei den Experimenten mit der 0,1%igen Konzentration starben bereits 33% der Bienen unmittelbar nach Versuchsbeginn; bis zum Versuchsende erhöhte sich der Prozentsatz toter Bienen dann auf ca.85% (Tab.3; graph. Darst.3). Nach Verabreichung der 0,01%igen DBS-Lösung waren im Laufe der ersten 24 Stunden durchschnittlich über 30% der Tiere tot, wobei der Prozentsatz am Schluß noch auf ca.46 gestiegen war (Tab.3; graph.Darst.4).



Graph. Darst. 3 :

Summationsgiftwirkung von DBS (0,1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----; V = Versuchsbeginn)



Graph. Darst. 4 :
Summationsgiftwirkung von DBS (0,01%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----; V = Versuchsbeginn)

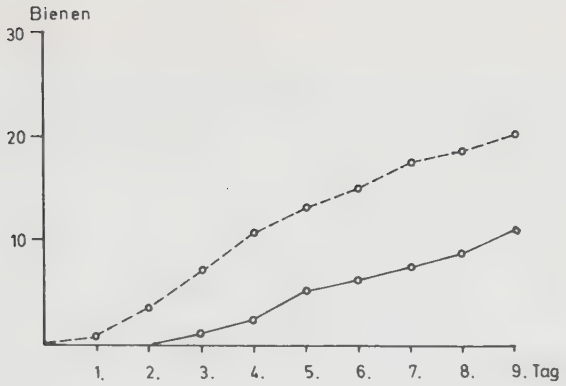
Bemerkenswert erwiesen sich die unterschiedlichen Reaktionen der Bienen unmittelbar nach der Kontaktnahme. Die mit den Waschmitteln besprühten Bienen verhielten sich wie die mit Wasser besprühten Kontrolltiere. Sie bildeten eine Traube und putzten sich gegenseitig trocken. Dagegen fanden sich die mit den Spülmittellösungen behandelten Bienen aber nur in Ausnahmefällen zu kleinen Gruppen zusammen; der größte Teil der Bienen war einzeln bemüht, sich zu reinigen. In verschiedenen Versuchen der Summationsgiftwirkung von Pril rosé, Lux mit Dermasoft und den DBS-Lösungen war sehr gut zu beobachten, wie Bienen, die auf der Seite lagen und nicht mehr aufstehen konnten, aber auf Reiz reagierten, von gesunden Bienen gefüttert wurden. Diese geschädigten Tiere überlebten allerdings den Versuch nicht.

d) Fraßgiftwirkung

Zur Feststellung der Fraßgiftwirkung wurden zunächst die Waschmittel Dash, Persil und Omo geprüft.
Die Untersuchung mit Dash, angeboten in 50%igem Zuckerwasser, ergab 1969 am 3.Tag des Versuches durchschnittlich 1 tote Biene. Bei Versuchsende, also am 9.Tag, waren es 10 Versuchstiere (33%). Im folgenden Jahr gab es am 3.Tag bereits Verluste von durchschnittlich 9 Bienen, dies entspricht knapp 30%. Bis zum 9.Tag erhöhte sich die Letalität mit 20 Tieren auf 66% (Tab.4; graph.Darst.5).

Versuch		Anzahl der toten Bienen									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0	0	0	3	2	0	1	1	2	9
	2.	0	0	2	0	0	0	2	4	6	14
	3.	0	0	3	0	5	0	1	0	0	9
	4.	0	0	0	2	4	4	1	0	1	12
1970	1.	0	2	3	2	4	2	3	0	3	19
	2.	0	6	2	7	0	3	0	5	1	24
	3.	3	2	6	1	5	0	3	0	1	21
	4.	0	1	3	5	1	2	5	0	1	18

Tab. 4 : Fraßgiftwirkung von Dash (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen

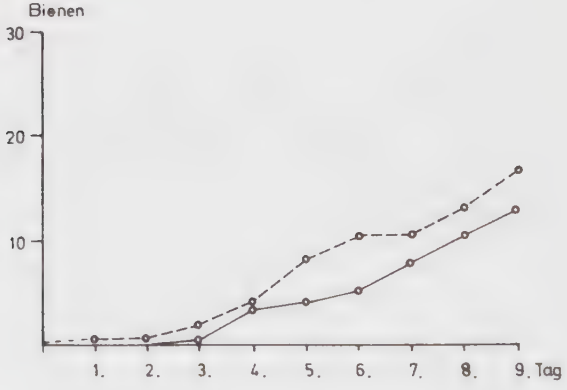


Graph.Darst. 5 : Fraßgiftwirkung von Dash (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----)

Die Fraßgiftwirkung von Persil schien 1970 ebenfalls größer als im Vorjahr. Bis zum 3.Tag war die Letalität mit 1 toten Biene = ca.3% gering. Vom 4.Tag an stieg die Sterblichkeit erheblich und erreichte bei Versuchsende ca.53%, während es 1969 nur ca.45% der Tiere waren (Tab.5; graph.Darst.6).

Versuch		Anzahl der toten Bienen									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0	0	1	2	0	2	1	3	3	12
	2.	0	0	0	6	0	2	4	1	3	16
	3.	0	0	0	2	2	0	3	2	1	10
	4.	0	0	1	2	1	0	3	4	3	14
1970	1.	0	0	0	2	7	5	0	0	0	14
	2.	0	2	1	2	0	1	0	7	7	20
	3.	0	0	4	5	4	2	0	0	2	17
	4.	0	1	0	0	4	1	0	4	5	15

Tab. 5 : Fraßgiftwirkung von Persil (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen

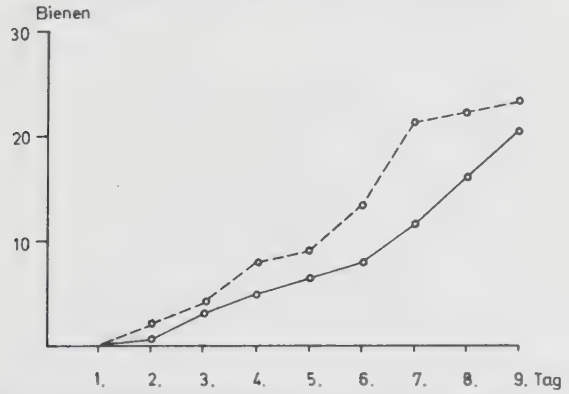


Graph.Darst. 6 : Fraßgiftwirkung von Persil (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----)

Bei Überprüfung der Fraßgiftwirkung von Omo ließ sich zunächst ein langsames Ansteigen des Effektes feststellen; nach 3 Tagen waren durchschnittlich 3 Bienen tot (10%). 6 Tage später lag die Letalität über 70%, wobei auch in diesen Experimenten die Sterblichkeit des Vorjahres gering übertroffen wurde (Tab.6; graph.Darst.7).

Versuch		Anzahl der toten Bienen 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0	1	1	1	0	0	5	5	6	19
	2.	0	1	1	2	5	0	2	8	4	23
	3.	0	0	2	4	1	0	6	1	4	18
	4.	0	1	2	0	0	6	2	7	4	22
1970	1.	0	2	4	5	2	0	4	0	1	18
	2.	0	2	1	3	1	7	10	4	2	30
	3.	1	3	1	0	2	4	9	0	0	20
	4.	0	1	2	7	0	6	10	0	0	26

Tab. 6 : Fraßgiftwirkung von Omo (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen

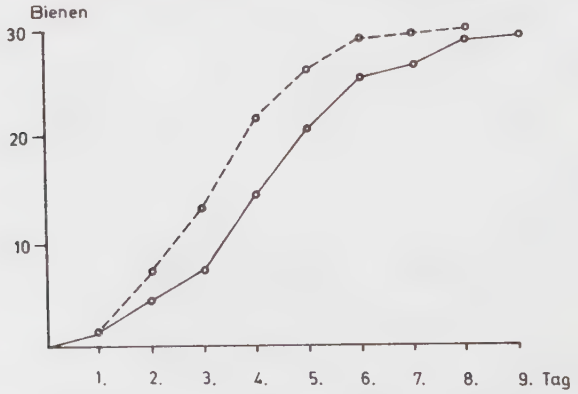


Graph.Darst. 7 : Fraßgiftwirkung von Omo (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = - - - -)

Die Fraßgiftwirkung von Pril rosé war sehr erheblich. Vom 1. bis zum 6.Tag des insgesamt 9 Tage laufenden Versuches starben 1970 über 90% der Bienen. 1969 lag hingegen die Absterberate etwas niedriger. Während nur 2 von 120 Bienen die gesamte Versuchsdauer überstanden, waren in den Versuchen 1 Jahr später am 8.Tag alle Bienen tot (Tab.7; graph.Darst.8).

		Anzahl der toten Bienen									
Versuch		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0	1	0	6	8	9	1	4	1	30
	2.	2	6	6	5	8	2	1			30
	3.	4	2	5	13	2	2	1	0	1	30
	4.	0	2	1	4	7	7	1	6	0	28
1970	1.	3	7	8	7	1	4				30
	2.	0	3	6	14	5	2				30
	3.	2	6	9	3	3	4	2	1		30
	4.	1	6	1	10	10	1	1			30

Tab. 7 : Fraßgiftwirkung von Pril rosé (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen

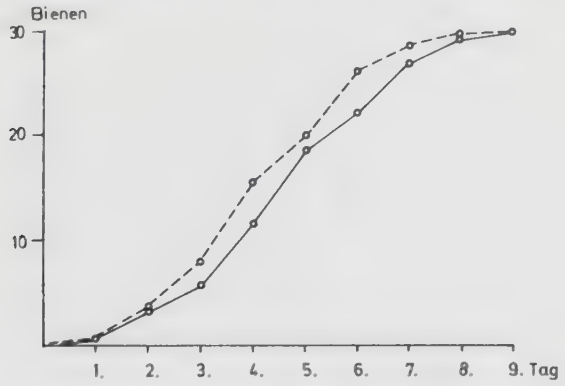


Graph.Darst. 8 : Fraßgiftwirkung von Pril rosé (1%ig) (1969 ——— ; 1970 = ----)

Bei den Untersuchungen über die Fraßgiftwirkung von Lux mit Dermasoft überlebte keine Biene das Versuchsende. Die Verluste in den Jahren 1969 und 1970 waren beinahe gleich groß (Tab.8; graph.Darst.9).

Versuch		Anzahl der toten Bienen									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0	2	2	3	9	6	5	1	2	30
	2.	0	4	5	8	6	3	1	3		30
	3.	0	3	1	10	2	4	8	2		30
	4.	2	2	1	14	2	0	5	4		30
1970	1.	2	6	9	9	2	2				30
	2.	0	2	4	6	2	8	5	2	1	30
	3.	1	2	1	10	3	11	2			30
	4.	0	1	4	4	12	4	3	2		30

Tab. 8 : Fraßgiftwirkung von Lux mit Dermasoft (1%ig) auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen

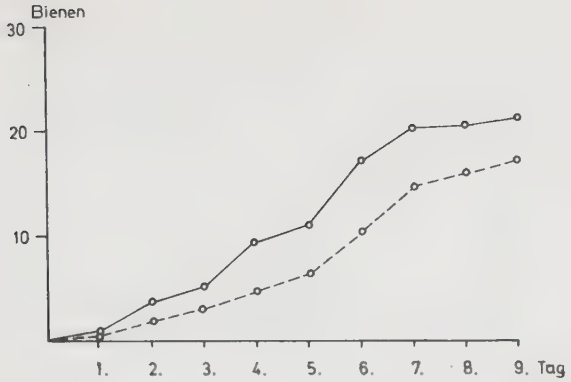


Graph.Darst. 9 :
Fraßgiftwirkung von Lux mit Dermasoft (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----;)

Der Umfang der Fraßgiftwirkung von DBS zeigte sich, seinen verschiedenen Konzentrationen entsprechend, unterschiedlich. Erste größere Verluste traten bei den 0,01%igen Lösungen am 2.Tag auf; danach war bis zum 7.Tag ein stetes Ansteigen der Letalität festzustellen. Von diesem Zeitpunkt an bis zum Versuchsende stieg die Sterblichkeit dann nur noch gering und erreichte am letzten Tag durchschnittlich ca.60%. In den Versuchsreihen von 1969 lag die Letalität etwas höher als im folgenden Jahr (Tab.9; graph.Darst.10).

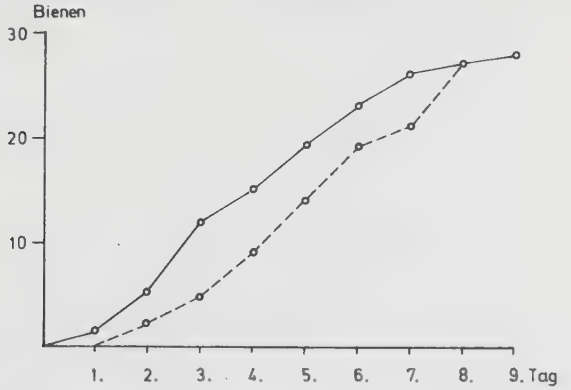
Versuch		Konz. (%)	Anzahl der toten Bienen 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.Tag	insges.
1969	1.	0,01	0	2	1	5	0	10	3	1	0	22
	2.		0	1	3	4	0	11	5	0	0	24
	3.		1	7	0	6	3	1	0	0	2	20
	4.		1	3	1	2	4	3	5	0	0	19
	1.	0,1	0	6	3	5	8	0	6	2		30
	2.		4	4	11	1	3	4	3			30
	3.		2	2	2	3	8	9	3	0	1	30
	4.		0	3	10	4	2	2	1	2	2	26
	1.	1	0	4	6	10	8	2				30
	2.		2	7	9	10	2					30
	3.		3	8	6	13						30
	4.		1	7	4	11	7					30
1970	1.	0,01	1	1	0	0	6	9	0	2	1	20
	2.		0	0	3	2	0	0	11	0	0	16
	3.		0	3	0	1	0	0	5	3	3	15
	4.		0	2	2	3	1	11	1	0	2	22
	1.	0,1	0	3	1	4	3	5	1	11	0	28
	2.		0	1	5	10	5	2	0	5	0	28
	3.		0	4	1	0	6	7	0	9	2	29
	4.		0	1	3	3	6	6	7	0	0	26
	1.	1	2	3	2	11	11	1				30
	2.		0	11	7	9	3					30
	3.		6	13	2	8	1					30
	4.		4	18	6	1	1					30

Tab. 9 : Fraßgiftwirkung von DBS auf je 30 Bienen innerhalb von 9 Tagen (Konz. = Konzentration)



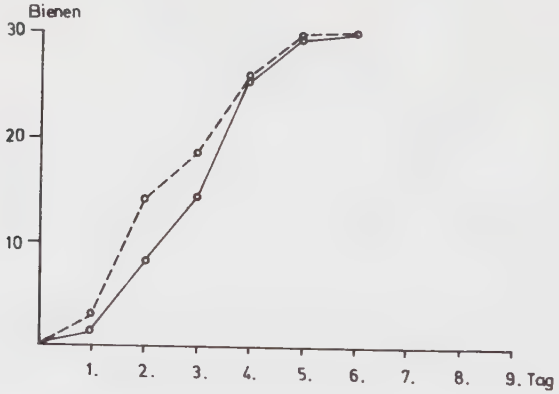
Graph.Darst. 10: Fraßgiftwirkung von DBS (0,01%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----)

Die Fraßgiftwirkung der 0,1%igen Konzentration war stärker. Die beiden Kurven, aus den Durchschnittswerten der beiden Jahre ermittelt, steigen von Beginn an stärker als bei den 0,01%igen Lösungen. Die Letalität liegt bei Versuchsende um 90% (Tab.9; graph.Darst.11).



Graph.Darst. 11: Fraßgiftwirkung von DBS (0,1%ig)
(1969 = ——; 1970 = ----)

Die Fraßgiftwirkung von DBS 1%ig war so erheblich, daß sich bereits am 6.Tag alle Bienen als tot erwiesen; am 5.Tag wurde nur bei 3 von 240 Versuchstieren noch keine erhebliche Schädigung festgestellt (Tab.9; graph. Darst.12).



Graph.Darst. 12 : Fraßgiftwirkung von DBS (1%ig)
(1969 = ——; 1970 = - - - -)

Mittel	Methode	Konzentration (%)	Wirkung auf Bienen 1969 tot	1969 lebend	1970 tot	1970 lebend
Pril rosé	S	1	57	63	61	59
Lux mit Dermasoft	S	1	78	42	94	26
DBS	S	1	120	0	120	0
	S	0,1	108	12	95	25
	S	0,01	53	67	52	68
Dash	F	1	44	76	82	38
Persil	F	1	52	68	66	54
Omo	F	1	82	38	94	26
Pril rosé	F	1	118	2	120	0
Lux mit Dermasoft	F	1	120	0	120	0
DBS	F	1	120	0	120	0
	F	0,1	116	4	111	9
	F	0,01	85	35	73	47

Tab. 10 :
Gesamtergebnisse aus Untersuchungen über die Gefährlichkeit von Tensiden, bezogen auf jeweils 120 Bienen = 4 Versuche mit je 30 Tieren (S = Summations-, F = Fraßgiftwirkung)

IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Durch die Untersuchungen hat sich zunächst sehr deutlich gezeigt, daß die geprüften Mittel für Bienen weder eine Kontakt- noch Atemgiftwirkung besaßen. Wenn REHM (1968) dem Spülmittel Pril eine sofortige Wirkung bei direktem Kontakt zuschreibt, so muß diese Ansicht auf die Summationsgiftwirkung bezogen werden. Schädigungen bei direktem Besprühen durch Belegung der Tracheenwände und Verstopfung der Tracheolen konnten in eigenen Untersuchungen bestätigt werden. Durch das mechanische Einwirken der Versuchslösungen auf die Atemwege kann der Gasaustausch so weit beeinträchtigt werden, daß dies einen Erstickungstod zur Folge hat. Die zusätzlich mögliche Giftwirkung durch orale Aufnahme der jeweiligen Versuchslösung beim Putzen erhöht den Effekt und darf deshalb nicht außer acht gelassen werden. Bei Bestimmung der Summationsgiftwirkung gemachte Beobachtungen über Bienen, die regungslos am Boden lagen und auf Reiz unmittelbar reagierten, ohne aber ihre völlige Vitalität wiederzuerlangen, scheinen entweder die Folge einer Schädigung des Nervensystems oder die ersten Anzeichen eines langsamen Erstickungstodes zu sein; ein ausreichender Beweis konnte hierfür nicht erbracht werden.

Bemerkenswert war der Unterschied in der Summationsgiftwirkung zwischen den Wasch- und Spülmitteln. Während der Effekt der Waschmittel mit ca.1% als unbedeutend zu betrachten ist, liegt er in den Fällen der Spülmittel zwischen 50% (Pril rosé) und nahezu 80% (Lux mit Dermasoft), wobei das letztgenannte Spülmittel in allen Versuchsreihen ohnehin eine größere Giftwirkung aufwies.

Eine Fraßgiftwirkung war dagegen bei allen getesteten Mitteln festzustellen. Die höchste Absterberate ließ sich bei den Spülmitteln und der 1%igen DBS-Lösung feststellen.

Dies verdeutlichen die graphischen Darstellungen von Pril rosé und Lux mit Dermasoft in Übereinstimmung zum Effekt der 0,1%igen DBS-Lösung, bei der jedoch die Werte durchschnittlich geringfügig erniedrigt sind. Zwischen den Waschmitteln Dash, Persil, Omo und der 0,01%igen DBS-Lösung bietet sich ebenso ein Vergleich an. Die Letalität von Dash und Persil war in der Gesamtheit gesehen geringer als die der 0,01%igen DBS-Lösung, Omo erwies sich dagegen als giftiger.

Die Resultate aus den Experimenten über die Fraßgiftwirkung von Persil und Omo lassen erkennen, daß bei den geprüften Waschmitteln die Bienenverluste in den ersten 3 Tagen gering waren. Mit Fortdauer der Versuche jedoch stiegen sie erheblich an. Diese verzögerte Toxizität der genannten Waschmittel läßt erkennen, daß es bei den von STUTE (1969) angegebenen Richtlinien in bezug auf die Versuchsdauer derartiger Toxizitätsprüfungen (nur 72 h) einer Revision bedarf, da die Feststellung wesentlich erscheinender Spätschäden keine Berücksichtigung mehr findet. Deshalb sollten Präparate auch erst dann als bienenungefährlich deklariert werden, wenn ihr Einfluß über den Zeitraum von mindestens 1 Woche die Harmlosigkeit bestätigt.

Bei den Versuchen von 1970 über die Fraßgiftwirkung von Dash lag die Verlustziffer um 30% höher als im Vorjahr; dies wird bei Betrachtung der graphischen Darstellung 5 (S.27) durch deutliche Divergenz beider Kurven sehr offensichtlich. Aufgrund der Tatsache, daß bei den anderen geprüften Wasch- und Spülmitteln die Endwerte der Kurven von 1970 ebenfalls über denen von 1969 lagen, war zunächst auf eine allgemein geringere Widerstandsfähigkeit der im Sommer 1970 verwendeten

Bienen zu schließen. Durch Ergebnisse aus Experimenten mit der handelsunabhängigen Reinsubstanz DBS konnte diese Vermutung dann weitgehend widerlegt werden, da hier die Sterblichkeit 1969 größer war. Es dürfte im Bereich des Möglichen liegen, daß bei den im Sommer 1970 geprüften Wasch- und Spülmitteln, insbesondere bei Dash, evtl. inzwischen eine Änderung der chemischen Zusammensetzung vorgenommen wurde, Die Gesamtheit der Ergebnisse ist in Tabelle 10 (S.35) zusammengefaßt.

Die vorliegenden Ergebnisse sprechen darüber hinaus für eine Gefährdung der Bienen besonders in sommerlichen Trockenperioden, wenn es durch hohe Wasserverdunstung zu einer stärkeren Konzentrierung der waschaktiven Substanzen in den Gewässern kommt und die Bienen letztlich auf die Nutzung dieses Wassers angewiesen sind. Wenn dagegen die für Fische schädlichen Konzentrationen an Tensiden mit den in Flüssen und Seen gemessenen Detergentien-Gehalten verglichen werden, könnte deren unmittelbare Gefährdung gegenwärtig verneint werden, weil zudem nach der Umstellung auf weiche Waschrohstoffe eine merkliche Verringerung der Konzentrationen grenzflächenaktiver Substanzen bei vergleichenden Wasserproben festgestellt werden konnte (BUCKSTEEG, 1967; HUBER, 1969). Da Tenside jedoch nicht nur Bienen und mit den erwähnten Einschränkungen Fische und Fischnährtiere, sondern auch für die biologische Selbstreinigung des Wassers wichtige Mikroorganismen und Wasserpflanzen zu schädigen vermögen (SIERP und THIELE, 1954; KNÖPP, 1961; REIMANN, 1962), ist die gegebene Gefahr um ein Vielfaches größer, als sie sich bei der Betrachtung nur eines einzelnen Problems darstellt.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1) Die Toxizität von Tensiden für Fische, Fischnährtiere und andere Wasserorganismen wurde anhand der Literatur dargestellt und auf die Möglichkeit vergleichbarer Schäden an Insekten hingewiesen.

2) Das Tensid DBS, die Waschmittel 'Dash','Persil' und 'Omo', sowie die Spülmittel 'Pril rosé' und 'Lux mit Dermasoft' wurden in unterschiedlichen Konzentrationen in Laborversuchen auf ihre Gefährlichkeit gegen Bienen (Apis mellifica L.) untersucht.

3) In keinem der Versuche konnte eine Kontakt- oder Atemgiftwirkung festgestellt werden.

4) Die Summationsgiftwirkung der Waschmittel ('Dash', 'Persil','Omo') war unbedeutend, die der Spülmittel lag jedoch bei 50% ('Pril rosé' 1%ig) bzw. 70% ('Lux mit Dermasoft' 1%ig).Die unterschiedlichen DBS-Konzentrationen bewirkten unter in vitro Bedingungen eine Letalität von 45 % (0,01%ige DBS-Lösung) bis 100% (1%ige DBS-Lösung).

5) Bei allen getesteten Substanzen war eine Fraßgiftwirkung festzustellen, die für DBS sowie Wasch- und Spülmittel zwischen 50% und 100% lag.

6) Eine Bienengefährdung und -schädigung liegt ausschließlich nach längeren sommerlichen Trockenperioden im Bereich des Möglichen.

SUMMARY

1) The toxicity of surfactants on fish, food organisms for fish and other water organisms is demonstrated as given in literature and special interest is directed towards damage in insects.

2) Laboratory investigations on possible damages to the honey bee (Apis mellifica L.) were performed using different concentrations of DBS and the detergents 'Dash', 'Persil', 'Omo', 'Pril rosé' and 'Lux mit Dermasoft'.

3) Poisonous effect on respiration or caused by direct contamination could not be shown.

4) Dangerous effects obtained by direct contamination by combined spraying of several detergents ('Dash', 'Persil', 'Omo') were of minor importance. Lethality of 'Pril rosé' and 'Lux mit Dermasoft' was found to be 50 % and 70 %. Various DBS-concentrations increased the lethality from 45 % (DBS 0,01 %) to 100 % (DBS 1 %), under in vitro conditions.

5) Feeding of the substances to be examined caused severe damages. The lethalities caused by DBS and detergents were found between 50 % and 100 %.

6) Dangerous effects and damages to the honey bee become possible only during hot and dry summer periods.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1) BOCK,K.J.: Über die Wirkung von Waschrohstoffen auf Fische

Arch.Fischereiwiss. 17,68-77,1966

2) BOCK,K.J.: Über die Wirkung der Grenzflächenaktivität auf Fische

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,110-117, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

3) BOCK,K.J.und H.MANN: Die Bedeutung des Salzgehaltes für die Wirkung von Tensiden

Ber.dtsch.Komm.Wiss.Meeresforsch. 20,278-281,1969

4) BORNEFF,J.: Kanzerogene Substanzen im Wasser und Boden

Arch.Hyg.(Berl.) 147,28-40,1963

5) BORNMANN,G.und A.LOESER: Über die chronische Wirkung von Dodecylbenzolsulfonaten

Z.Lebensmitt.-Untersuch. 118,51-52,1962

6) BUCKSTEEG,W.: Detergentienabbau in Kläranlagen und Vorflutern vor und nach der Umstellung auf weiche Rohstoffe

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,101-109, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

7) BÜRGER,K.: Die Analytik von nichtionischen Detergentien

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,47-55, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

8) DENZER,A.: Über die Untersuchung der Störungsschwelle bei Fischen und Fischnährtieren

Ber.Landesanst.Fischerei, Nordrhein-westf.,1962

9) DEUFEL,J.: Schäden in Forellenzuchtanstalten durch subletale Mengen waschaktiver Substanzen

Fischwirt 15,169-171,1965

10) FOGELSON,S.J. and D.E.SHOCH: Treatment of Gastroduodenal Ulcerative Disease with Sodium Alkyl Sulfate

Arch.intern.Med. 73,74-79,1944

11) FREEMAN,S., M.W.BURRILL, T.W.LI and A.C.IVY:
Gastroenterology 4,1945
zit. nach HAMM (1965)

12) GRUNDNER,H.: Über die Einwirkung quarternärer Ammoniumverbindungen auf Fische und Fischnährtiere
Vet.-med.Diss.München 1954

13) HAMM,A.: Toxicity of Synthetic Detergents to Fish
Vortrag: Second Symposium of the Permanent Commission of the O.I.E. on Diseases of Fish, München, 1965

14) HAMM,A.: Untersuchungen über die Fischgiftigkeit nichtionogener Waschrohstoffe
Münchner Beiträge zur Abwasser-,Fischerei- und Flußbiologie 9, 118-130, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

15) HAVERMANN,H.und H.RÜTER: Versuche über den Einfluß grenzflächenaktiver Stoffe bei der Fütterung von Schweinen
Arch.Tierernährung (Sonderband) 60-76,1954

16) HAVERMANN,H.und K.H.MENKE: Bilanz- und Verteilungsstudien mit radioaktiv markierten grenzflächenaktiven Stoffen an Jungschweinen
Landwirtschaftl.Forsch. 9,140-146,1957

17) HENDERSON,C., Q.H.PICKERING and J.M.COHEN: The Toxicity of Synthetic Detergents and Soups to Fish
Sewage and Industr.Wastes 31,295-306,1959

18) HERBERT,D.W.M., G.H.J.ELKINS, H.T.MANN and J.HEMENS: Toxicity of Synthetic Detergents to Rainbow-Trout
Water and Waste Treatment J. 6,394-397,1957

19) HIRSCH,E.: Strukturelemente von Alkylbenzolsulfonaten und ihr Einfluß auf das Verhalten von Fischen
Vom Wasser 30,249-259,1963

20) HUBER,L.: Detergentiengehalte in Oberflächengewässern vor und nach der Umstellung auf weiche Waschrohstoffe
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,91-100, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

21) HUBER,L.: Über den Gehalt an anionaktiven Tensiden in Oberflächengewässern

Z.Wass.-u.Abwass.-Forsch. 2,183-191,1969

22) KLUST,G.und H.MANN: Die hemmende Wirkung synthetischer Waschmittel auf den Zelluloseabbau im Wasser

Arch.Fischereiwiss. 9,229-342,1958

23) KNÖPP,H.: Vergleichende experimentelle Untersuchungen über die Giftigkeit, das Schaumbildungsvermögen und den Abbau verschiedener Detergentien im Flußwasser

Dtsch.Gewässerkdl.Mitt. 5,1-8,1961

24) LÜDEMANN,D.und H.KAYSER: Beiträge zur Toxizität von grenzflächenaktiven Substanzen (Detergentien) für Fische

Z.angew.Zool. 50,229-238,1963

25) MANN,H.: Die Einwirkung von grenzflächenaktiven Waschmitteln auf Fische und Fischnährtiere

Arch.Fischereiwiss. 6,131-137,1955

26) MANN,H.: Über die Einwirkung verschiedener Desinfektionsmittel auf Fische und Fischnährtiere

Z.Fischerei 6,135-140,1957

27) MANN,H.: Die Bedeutung der synthetischen Waschmittel (Detergentien) auf die Fischerei

Fischwirt 12,97-101,1962

28) MANN,H,: Die Wirkung subletaler Mengen von Detergentien auf Fische

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,131-138, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1967

29) MANN,H.und O.J.SCHMID: Der Einfluß von Detergentien auf Sperma, Befruchtung und Entwicklung der Forelle

Intern.Revue ges.Hydrobiol. 46,419-426,1961

30) MENKE,K.H.: Über die biologische Wirkung wasserlöslicher grenzflächenaktiver Stoffe

Agr.Diss. Bonn 1955

31) REHM,H.: Untersuchungen über die Beeinträchtigung der Flugbiene von Apis mellifica l. durch Unkrautbekämpfungsmittel

Vet.-med. Diss. München 1968

32) REIMANN,K.: Die Schädlichkeit von Detergentien auf Wasserorganismen

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 9,206-214, Verlag R.Oldenbourg München/Wien 1962

33) SCHMID,O.J.und H.MANN: Die Einwirkung von Dodecylbenzolsulfonat auf die Kiemen von Forellen

Arch.Fischereiwiss. 13,41-51,1962

34) SIERP,F.und H.THIELE: Der Einfluß von grenzflächenaktiven Substanzen auf die Abwasserreinigung und die Selbstreinigung der Flüsse

Vom Wasser 21,197-246,1954

35) WURTZ-ARLET,J.: Toxycité des detergents anioniques vis-à-vis de alevins de truite commune

Bull.franc.pisc. 32,41-45,1959

An dieser Stelle sage ich Herrn Professor Dr.Dr.h.c.H.Liebmann Dank für die Überlassung dieser interessanten Aufgabe.
Für praktische Ratschläge gilt mein Dank Herrn Priv.-Doz.Dr.M.-A.Hasslinger, Herrn Dr.H.Rehm sowie Herrn Dr.D.Jonas.

L e b e n s l a u f

Am 22.Juni 1939 wurde ich als Sohn des Dr.med.Gottfried Fischer und seiner Ehefrau, Dr.med.dent.Bernhardine Fischer, geb.Mühlenbein, in Bocholt/Westf., geboren. Meine Hochschulreife erlangte ich im Jahre 1959 am St.Georg-Gymnasium in Bocholt und begann an der Universität Münster mit dem Studium der Humanmedizin. 1965 wechselte ich zur Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München und beendete mein Studium im Februar 1971 mit dem Staatsexamen. Meine Approbation erhielt ich am 1.Juni 1971 und arbeite seitdem in einer Großtierpraxis in Bayern.